

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT**

Patent Number: JP6125113  
Publication date: 1994-05-06  
Inventor(s): TAMAKI MASATO; others: 05  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD; others: 01  
Requested Patent: ☐ JP6125113  
Application Number: JP19920300527 19921012  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To improve light emission life by preventing current from concentrating in a light emitting diode of a GaN compound semiconductor.  
**CONSTITUTION:** This device is provided with a high carrier concentration n<+> layer 3, a low carrier concentration n layer 4, an i layer 5, an electrode 80 to the high carrier concentration n<+> layer 3 and an electrode 70 to the i layer 5. A thin insulating film 6 is provided between the electrode 70 to the i layer 5 and the i layer 5. The insulating film 6 is as thick as to allow electrons to tunnel. Current is injected to the i layer 5 on a surface uniformly by the insulating film 6. Since current concentration in the i layer 5 is thereby prevented, dielectric breakdown is prevented and light emission life is improved.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平6-125113

(43)公開日 平成6年(1994)5月6日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

C 7514-4M

審査請求 未請求 請求項の数4(全6頁)

(21)出願番号 特願平4-300527

(22)出願日 平成4年(1992)10月12日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71)出願人 000003608

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72)発明者 田牧 真人

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

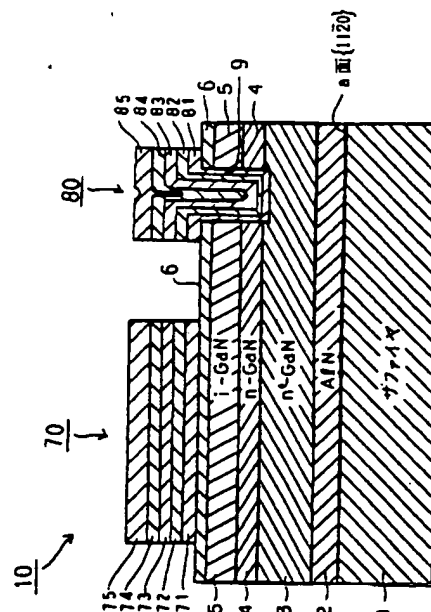
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 GaN系の化合物半導体の発光ダイオードにおける電流集中を防止して発光寿命を長期化すること。

【構成】 高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3、低キャリア濃度n層4、i層5、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極80と、i層5に対する電極70とを有する。i層5に対する電極70とi層5との間に薄い絶縁膜6を設けた。絶縁膜6は電子がトンネルできる程の厚さである。この絶縁膜6により面上一様に電流がi層5に注入される。よって、i層5における電流集中が防止される結果、絶縁破壊が防止され、発光寿命が長期化する。



R006755

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む) から成るn層と、p型不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む) から成るi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記i層の表面に薄い絶縁膜を形成し、その絶縁膜の上に前記i層に対する電極を形成したことを特徴とする発光素子。

【請求項2】 請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記絶縁膜の厚さは1nm~20nmであることを特徴とする。

【請求項3】 請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記絶縁膜は、酸化ケイ素、炭素含有ケイ素化合物、窒化ケイ素、酸化アルミニウムを主体とする膜であることを特徴とする。

【請求項4】 請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記絶縁膜は、真空蒸着法又はプラズマ成膜法により形成されていることを特徴とする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。このようなGaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、n導電型のGaN系の化合物半導体から成るn層を成長させ、そのn層の上にZnを添加してi型のGaN系の化合物半導体から成るi層を成長させ、n層及びi層に対する電極を形成した構造をとっている (特開昭62-119196号公報、特開昭63-188977号公報)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記のi層はZnをドーピングして形成するために、Znの入り方にむらが生じ、絶縁性が悪くなる。このため、電流が局所的に集中して流れることになり、絶縁破壊及び素子寿命の低下の原因となっていた。

【0004】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、GaN系の化合物半導体の発光ダイオードにおける電流集中を防止して素子寿命を長期化することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため

2

の発明の構成は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む) から成るn層と、p型不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む) から成るi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、i層の表面に薄い絶縁膜を形成し、その絶縁膜の上にi層に対する電極を形成したことを特徴とする。

【0006】 その絶縁膜の厚さは、1nm~20nmが望ましい。20nm以上となると、電流がi層に注入されない。1nm以下となると均一の絶縁膜が得られないので、電流分布を均一化する効果が小さい。

【0007】 絶縁膜は、酸化ケイ素 ( $SiO_2$ )、炭素含有ケイ素化合物、窒化ケイ素 ( $Si_3N_4$ )、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) を主体とする膜が採用できる。又、それらの膜は、真空蒸着法又はプラズマ成膜法により形成されることができる。

【0008】

【作用及び効果】 上記のように、i層の電極の形成される表面に薄い絶縁膜を形成したので、この絶縁膜により、i層に注入される電流分布が均一となる。即ち、i層において電流の流れ易い部分が存在しても、絶縁膜により電流が制限される結果、i層では電流集中が起こらない。電流集中が起こらない結果、一様な面発光が得られると共に絶縁破壊が防止され素子寿命が長期化した。

【0009】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は本発明に係る発光ダイオード10を示した縦断面図である。発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚2.2μmのGaNから成る高キャリア濃度n層3と膜厚1.5μmのGaNから成る低キャリア濃度n層4が形成されており、更に、低キャリア濃度n層4の上に膜厚0.1μmのGaNから成るi層5が形成されている。そして、i層5のi層5に対する電極形成部分の表面上に厚さ5nmの $SrO_2$ から成る絶縁膜6が形成されており、その絶縁膜6の上にi層5のための電極70が形成されている。又、i層5及び低キャリア濃度n層4には高キャリア濃度n層3に至る孔9が形成されており、その孔9には高キャリア濃度n層3のための電極80が形成されている。電極70、80は、第1のNi層71、81、第2のNi層72、82、Al層73、83、Ti層74、84、第3のNi層75、85の5重層構造で構成されている。

【0010】 次に、この構造の発光ダイオード10の製造工程について、図2、図3、図4及び図5を照して説明する。用いられたガスは、 $NH_3$ とキャリアガス $H_2$ とトリメチルガリウム ( $Ga(CH_3)_3$ ) (以下、TMGと記す)とトリメチルアルミニウム ( $Al(CH_3)_3$ ) (以下、TMAと記す)とシラン ( $SiH_4$ )とジエチル亜鉛

3

(以下、DEZと記す)である。

【0011】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面(11-20)を主面とする単結品のサファイヤ基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速2 l/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイヤ基板1を気相エッチングした。次に、温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMAを1.8×10<sup>-5</sup>モル/分で供給して500Åの厚さのAlNから成るバッファ層2を形成した。

【0012】次に、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分、H<sub>2</sub>で0.86ppmまで希釈したシラン(SiH<sub>4</sub>)を200ml/分の割合で30分間供給し、膜厚2.2μm、キャリア濃度1.5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>のGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3を形成した。続いて、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分の割合で20分間供給し、膜厚1.5μm、キャリア濃度1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>のGaNから成る低キャリア濃度n層4を形成した。

【0013】次に、サファイヤ基板1を900℃にして、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分、DEZを1.5×10<sup>-4</sup>モル/分の割合で1分間供給して、膜厚0.1μmのGaNから成るi層5を形成した。このようにして、図2(a)に示すような多層構造が得られた。

【0014】次に、図2(b)に示すように、i層5の上に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層11を2000Åの厚さに形成した。次に、そのSiO<sub>2</sub>層11上にフォトレジスト12を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト12を高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位のフォトレジストを除去したパターンに形成した。次に、図2(c)に示すように、フォトレジスト12によって覆われていないSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸系エッチング液で除去した。

【0015】次に、図3(d)に示すように、フォトレジスト12及びSiO<sub>2</sub>層11によって覆われていない部位のi層5とその下の低キャリア濃度n層4と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、BCl<sub>3</sub>ガスを10ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングして、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に至る孔9を形成した。次に、図3(e)に示すように、i層5上に残っているSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸で除去した。次に、図3(f)に示すように、プラズマ成膜によりSiO<sub>2</sub>を5nmの厚さに堆積して絶縁膜6を形成した。

【0016】プラズマ成膜によるGaNのi層5の表面への絶縁膜6の形成は図6に示す装置で行った。プラズマ発生室100及びプラズマ処理室102内を真空ポン

4

プ104により10<sup>-4</sup>Paにした後、TEOS(テトラエトキシシラン)をガス導入口120から所定圧力になるまで導入した。永久磁石106および電磁コイル108によりマイクロ波導入窓である石英窓110付近でECR(電磁サイクロトロン共鳴)条件(2.45GHzのマイクロ波に対しては875 Gauss)を満たす様に磁場を印加した。ECR条件を満たすプラズマにより通常のプラズマに比べて低ガス圧力でGaNのi層5の表面に絶縁膜6を形成することができGaN表面の汚染を防止できた。2.45GHzのマイクロ波を矩形・円形変換器112および円偏波変換器114で右回り円偏波にして石英窓110を介してプラズマ発生室100に導入しプラズマを生成した。円偏波によりマイクロ波をプラズマ発生室100内部に効率よく導入することができ安定したプラズマで絶縁膜6を形成することが可能となった。

【0017】発生したECRプラズマを電磁コイル108による発散磁場によりプラズマ処理室102に引出し、試料台116に設置した試料118GaN上に絶縁膜6を形成した。処理条件を以下に示す。

ECRプラズマ処理 TEOS 0.13 Pa  
マイクロ波入力 200 W

処理時間 1min

プラズマ発生部と試料との距離 300 mm

プラズマ照射方向 プラズマ流に対して試料が真向き  
図7に示すように試料を真向きにすることにより、GaNのi層5の表面にプラズマによる損傷を抑えることができた。

【0018】次に、図4(g)に示すように、フォトリソグラフにより孔9を除く部分にフォトレジスト21を形成して、そのフォトレジスト21をマスクとして、孔9に堆積された絶縁膜6をウェットエッチングにより除去した。そして、フォトレジスト21を除去して、図4(h)に示すように、i層5の表面に絶縁膜6が形成された。

【0019】次に、図4(i)に示すように、真空度を8×10<sup>-7</sup>Torr、試料温度を225℃に保持し、絶縁膜6の全面に厚さ100 ÅにNiを蒸着した。その後、一旦、真空蒸着装置を開放して、ウェハを常温、常圧下に置き、再度、真空にして加熱して、厚さ1000 ÅにNiを蒸し、続いて、厚さ1500 ÅにAl、厚さ1000 ÅにTi、厚さ2500 ÅにNiを蒸着した。このようにして、図4(i)に示すように、金属の5重層7が形成された。

【0020】次に、図5(j)に示すように、フォトリソグラフにより電極形成部分にのみフォトレジスト22を形成した。そして、フォトレジスト22をマスクとして硝酸系エッチング液でウェットエッチングを行い、フォトレジスト22をアセトンで除去した。その結果、図1に示すように、i層5に対する電極70、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極80が形成された。電極70、80は、それぞれ、第1のNi層71、81、第2のN

5

i層72、82、Al層73、83、Ti層74、84、第3のNi層75、85で構成されている。

【0021】上記のように、第1のNi層71、81を薄く形成した後、一旦、真空蒸着装置を開放して、ウェハを常温、常圧下に置き、第2のNi層72、82を厚く形成することにより、Ni層の応力歪みが緩和され、Ni層をi層5、高キャリア濃度 $n^+$ 層3の上に強固に蒸着することができた。又、Al層73、83、Ti層74、84を介在させることにより、厚い第3のNi層75、85の上にハンダバンプを接合する時、下層の第1のNi層71、81、第2のNi層72、82が溶融したハンダの中に溶けて取り込まれるのが防止された。

【0022】以上のように形成した発光ダイオードの発光時のしきい値電圧は、10Vである。又、電流集中による発光の点状化が防止され、面状に均一に発光した。

【0023】尚、上記の絶縁膜6は、電流が注入されるが、面において均一にある程度の絶縁性を保持できる厚さと材料であれば、酸化ケイ素以外の物質、酸化アルミニウム、窒化ケイ素、炭素含有ケイ素化合物等が採用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードを示した構成図である。

【図2】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した縦断面図である。

【図3】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した図2に続く縦断面図である。

【図4】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した図3に続く縦断面図である。

6

した図3に続く縦断面図である。

【図5】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した図4に続く縦断面図である。

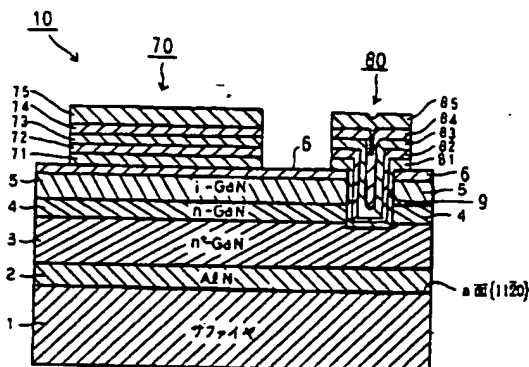
【図6】絶縁膜を形成するためのECRプラズマ処理装置を示した構成図。

【図7】図6に示す装置でのプラズマの照射方向を示した説明図。

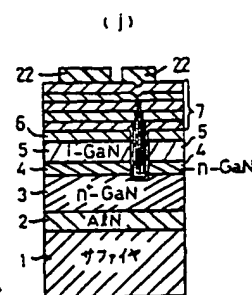
【符号の説明】

- 1…サファイヤ基板
- 2…バッファ層
- 3…高キャリア濃度 $n^+$ 層
- 4…低キャリア濃度 $n$ 層
- 5…i層
- 6…絶縁膜
- 10…発光ダイオード
- 5…i層
- 9…孔
- 70、80…電極
- 71、81…第1のNi層
- 72、82…第2のNi層
- 73、83…Al層
- 74、84…Ti層
- 75、85…第3のNi層
- 100…プラズマ発生室
- 102…プラズマ処理室
- 116…試料台
- 118…試料

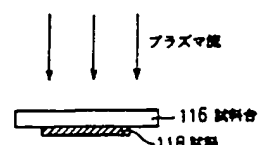
【図1】



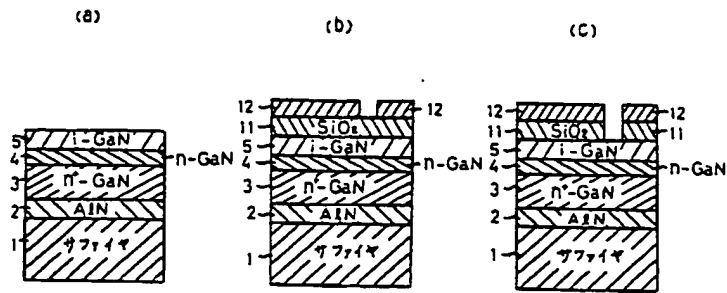
【図5】



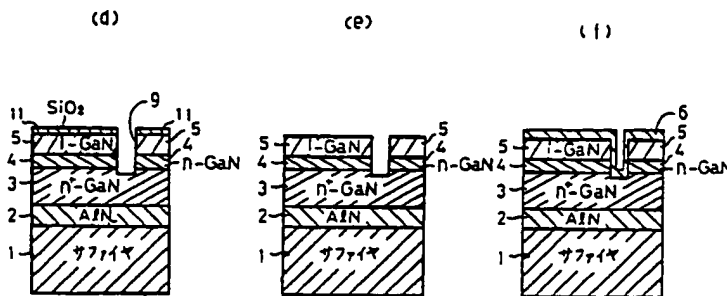
【図7】



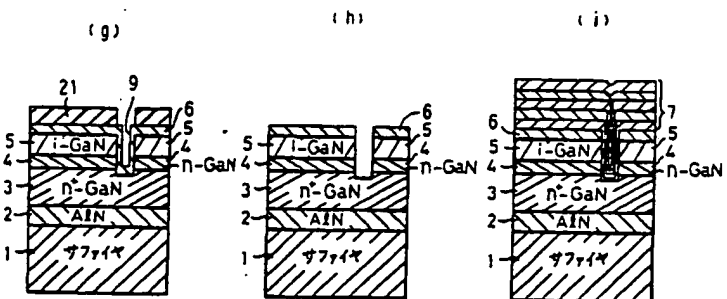
【図2】



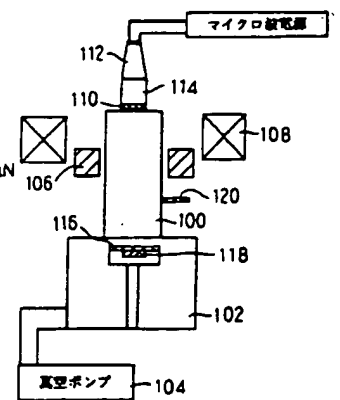
【図3】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 久喜  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小滝 正宏  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

R006759

(72)発明者 真部 勝英  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 田嶋 一郎  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(72)発明者 中嶋 健次  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41  
地の1 株式会社豊田中央研究所内